(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 2
2025

UO‘K: 661.832.532 10.70769/3030-3214.SRT.3.2.2025.35

MAHALLIY VA SANOAT CHIQINDILARINI QAYTA ISHLASH ORQALI KALIYLI O‘GIT OLISH





Umarova Maftuna Mashrabjon qizi
“Kimyo va kimyoviy texnologiya” kafedrasi doktoranti, Farg‘ona davlat texnika universiteti, Farg‘ona, O‘zbekiston
E-mail: Maftuna93umarova@gmail.com

Dexkanov Zulfikahar Kirgizbayevich
“Oziq-ovqat texnologiyasi” kafedrasi professori, Farg‘ona politexnika instituti, Farg‘ona, O‘zbekiston
E-mail: zulfikahar2404@gmail.com

Annotatsiya. *Maqolada mahalliy va sanoat chiqindilari asosida $CaSO_4 + K_2CO_3 \rightarrow \downarrow CaCO_3 + K_2SO_4$ reaksiyasiga ko‘ra kalsiy sulfatni kaliy karbonati bilan konversiyalash orqali kaliy sulfat imkoniyatlari ko‘rsatilgan. Konveriya jarayoni uchun maqbul sharoitlar aniqlangan. Suvli muhitda 30°C haroratda, boshlang‘ich komponentlarning 1:1 stexiometrik nisbati va 15-30 minut davomida 300 rpm bo‘lgan aralashtirgich aylanish tezligida Ca^{2+} ionlaridan foydalanish darajasi 90-93% ni tashkil etkanligi ko‘rsatilgan. Suyuq fazadagi kaliy sulfatni bug‘latish va keyinchalik kristallash orqali kaliy sulfat olingan. Tajribalar asosida olingan namunalar kimyoviy tahlil qilingan. Kimyoviy tahlil natijalari jadval holida keltirilgan. Shu bilan birga, Kungaboqar kulining skanerli elektrom mikroskop tahlili hamda Fosfogipsni asosiy kimyoviy tahlillari keltirilgan.*

Kalit so‘zlar: *kaliy xlorid, kaliyli o‘g‘itlar, kaliy sulfat konversiya, xlorsiz kaliyli o‘g‘itlar.*

ПЕРЕРАБОТКА КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ ЧЕРЕЗ ПЕРЕРАБОТКУ МЕСТНЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

Умарова Мафтуна Машрабджон кизи
Докторант кафедры «Химия и химическая технология» Ферганского государственного технического университета, Фергана, Узбекистан

Дехканов Зульфикахар Киргизбаевич
Профессор кафедры «Технология пищевых продуктов» Ферганского политехнического института, Фергана, Узбекистан

Аннотация. *В статье представлены возможности получения сульфата калия путем конверсии сульфата кальция карбонатом калия по реакции: $CaSO_4 + K_2CO_3 \rightarrow \downarrow CaCO_3 + K_2SO_4$. Определены оптимальные условия процесса конверсии. Показано, что в водной среде при температуре 30°C, стехиометрическом соотношении исходных компонентов 1:1 и скорости перемешивания 300 об/мин в течение 15–30 минут степень использования ионов Ca^{2+} составляет 90–93%. Полученный в жидкой фазе сульфат калия был выделен методом выпаривания с последующей кристаллизацией. Проведен химический анализ полученных образцов, результаты которого представлены в таблице. Также приведены данные сканирующей электронной микроскопии золы подсолнечника и основные химические анализы фосфогипса.*

Ключевые слова: *хлорид калия, калийные удобрения, конверсия сульфата калия, бесхлорные калийные удобрения.*

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 2
2025

PRODUCING POTASSIUM FERTILIZER THROUGH RECYCLING OF LOCAL AND INDUSTRIAL WASTE

Umarova Maftuna Mashrabjon kizi
Doctoral student of the Department of "Chemistry and Chemical Technology", Fergana State Technical University, Fergana, Uzbekistan

Dekhkanov Zulfikahar Kirgizbaevich
Professor of the Department of "Food Technology", Fergana Polytechnic Institute, Fergana, Uzbekistan

Abstract. *The article presents the possibilities of obtaining potassium sulfate through the conversion of calcium sulfate with potassium carbonate according to the reaction: $CaSO_4 + K_2CO_3 \rightarrow \downarrow CaCO_3 + K_2SO_4$. Optimal conditions for the conversion process have been determined. It has been shown that in an aqueous medium at a temperature of 30°C, with a stoichiometric ratio of the initial components of 1:1 and a stirring speed of 300 rpm for 15–30 minutes, the utilization rate of Ca^{2+} ions reaches 90–93%. Potassium sulfate obtained in the liquid phase was isolated by evaporation followed by crystallization. The obtained samples were subjected to chemical analysis, with the results presented in tabular form. Additionally, scanning electron microscopy analysis of sunflower ash and the basic chemical analyses of phosphogypsum are provided.*

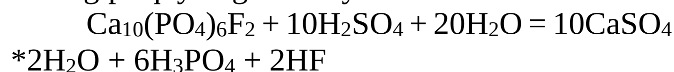
Keywords: *potassium chloride, potassium fertilizers, potassium sulfate conversion, chlorine-free potassium fertilizers.*

Kirish. Dunyoda eng keng tarqalgan kaliyli oʻgʻitdan kaliy xloriddir. Biroq, uning qishloq xoʻjaligida tizimli qoʻllanilishi qishloq xoʻjaligi ekinlari, ayniqsa meva va rezavorlar hamda sitrus mevalariga salbiy ta'sir koʻrsatmoqda. Bu ekinlar uchun kaliy sulfat koʻrinishidagi xlorsiz kaliyli oʻgʻitlardan foydalanish nafaqat hosildorlikni oshiradi, balki sifatini ham yaxshilashga olib keladi: kartoshkadagi kraxmal, qand lavlagidagi qand miqdori, uzumning ta'mi ortadi [1]. Kaliyli oʻgʻitlar qishloq xoʻjaligi mahsulotlarini ishlab chiqarishda muhim ahamiyatga ega. Kaliyli oʻgʻitlar oʻsimliklarni issiq va sovuqqa chidamliligini oshiradi, turli xil kasaliklarga chalinishini oldini oladi, oʻsimliklarning hosildorligini ham oshishiga katta hissa qoʻshadi. Kaliyli oʻgʻitlarni issiqxonalarga qoʻllash hosildorlikni bir necha baravar oshishiga sabab boʻladi. Kaliy xlorid, kaliy karbonat, kaliy sulfat, kaliy nitrat keng qoʻllaniladigan kaliyli oʻgʻitlar hisoblanadi. Bu oʻgʻitlar ichida eng samaradorlari kaliy sulfat va kaliy nitrat hisoblanadi. Chunki bu mineral oʻgʻitlar bir vaqtning oʻzida ikkita ozuqaviy elementlarni tutadi [2].

Bizning Respublikada asosan kaliyli oʻgʻit sifatida kaliy xlorid qoʻllaniladi. Kaliy xlorid Oʻzbekistonda keng miqyosda ishlab chiqariladi. Biroq kaliy xloridni uzoq muddat davomida yerga qoʻllanilsa, tuproqning kislotalik darajasini oshib ketishiga olib keladi. Bu esa xlorga ta'sirchan oʻsimliklar rivojlanishiga salbiy ta'sir etadi. Shu sababli Respublikada kaliy sulfatga boʻlgan ehtiyoj oshib bormoqda. Kaliy sulfat kaliy bilan birgalikda oltingugurt ozuqa elementi saqlashi bilan afzal hisoblanadi. Biroq qimmat oʻgʻit hisoblanganligi uchun ham yurtimizda kam qoʻllaniladi.

Ushbu maqolada mahalliy chiqindi kullar va sanoat chiqindisi hisoblangan fosfogipsni qayta ishlash orqali kaliy sulfat olish boʻyicha olib borilgan tajriba natijalari koʻrsatilgan.

Fosfogipsni qayta ishlash hozirgi kundagi Respublikamizda mavjud katta muammolardan biridir. Fosfogips hoʻl usulda fosfat kislota ishlab chiqarishda hosil boʻladi va odatda kalsiy sulfat degidrat $CaSO_4*2H_2O$ shaklida olinadi. Shuning uchun fosfogips tarkibida fosfor kislotasi, ftorid, metal qoldiqlari (Cr, Cu, Cd, Zn), radioaktiv elementlar (U va Th), nodir tuproq elementlari boʻladi. Fosfogips quyidagi reaksiya asosida hosil boʻladi:



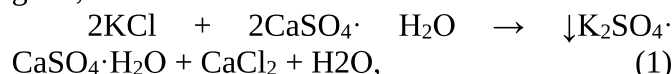
$$Ca_{10}(PO_4)_6F_2 + 10H_2SO_4 + 20H_2O = 10CaSO_4*2H_2O + 6H_3PO_4 + 2HF$$

Ushbu usul eng arzon usul hisoblanadi. Biroq, ushbu usulda butun dunyo boʻylab yiliga 100-280 ming tona fosfogips chiqindisi hosil boʻladi. Har bir tonna fosfat kislotasi uchun taxminan 5 t fosfogips hosil boʻladi. Hosil boʻgan fosfogipsni yoʻq qilish maqsadida toʻgʻridan-toʻgʻri dengizga tashlab yuboriladi yoki zavod yaqinida toʻplanadi . Adabiyotlarga koʻra, dunyoda ishlab chiqarilgan fosfogipsning 15% ni qayta ishlanadi. Asosan, tuproqni qayta ishlashda, sement ishlab chiqarishda,

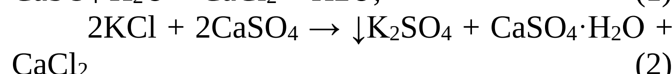
(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 2
2025

qog‘oz ishlab chiqarishda, yong‘inga qarshi material sifatida va kimyoviy xom ashyo sifatida (kalsiy xlorid, ammoniy sulfat, natriy sulfat ishlab chiqarishda) qo‘llaniladi. Qolgan 85% fosfogips qayta ishlanmasdan utilizatsiya qilinadi [3]. Biroq, fosfogipsdan ko‘p miqyosda foydalanishning istiqbolli usullari hali ham o‘rganilmoqda.

Adabiyotlar tahlili va metodlar. Ma'lumki, suvli muhitda fosfogips va kaliy xloridning konversiyasini amalga oshirish mumkin emas. Biroq, bu tizimga bir qator organik (spirtlar, ketonlar) yoki azot o‘z ichiga olgan moddalarning kiritilishi, (mono-, di-, trietanolaminlar, karbamid, ammiak va boshqalar) bir tomondan, $CaSO_4$ ning eruvchanligini oshiradi, ikkinchi tomondan, K_2SO_4 ning eruvchanligini pasaytiradi, bu $CaSO_4$ va KCl o‘rtasidagi konversiya uchun qulay sharoit yaratadi [4]. Natijada quyidagi reaksiyalar orqali ham singenit, ham arkanit olish mumkin:



$2KCl + 2CaSO_4 \cdot H_2O \rightarrow \downarrow K_2SO_4 \cdot CaSO_4 \cdot H_2O + CaCl_2 + H2O,$ (1)



$2KCl + 2CaSO_4 \rightarrow \downarrow K_2SO_4 + CaSO_4 \cdot H_2O + CaCl_2$ (2)

Yuqorida taklif qilingan fosfogipsni kaliy karbonat bilan reaksiyaga kiritish orqali K_2SO_4 olish usuli katta qiziqish uyg‘otdi. Bu jarayon (3) tenglamaga muvofiq amalga oshiriladi. Suvli muhitda, bu juda muhim, chunki reaksiya organik erituvchisiz sodir bo‘ladi:



$CaSO_4 + K_2CO_3 \rightarrow \downarrow CaCO_3 + K_2SO_4$ (3)

Bunda $CaCO_3$ qattiq fazaga cho‘kadi va K_2SO_4 eritmada qoladi, u bug‘lanishdan o‘tadi va undan K_2SO_4 kristallanishi kuzatiladi. Bu usul ikki bosqichdan iborat: birinchisi - fosfogips va kaliy karbonatning asosiy konversiyasi; ikkinchisi kaliy sulfat olish uchun filtratning bug‘lanishidan iborat.

Reaksiya uchun zarur bo‘lgan kaliy karbonatni mahalliy kullardan olish mumkin deb hisobladik. Bunda biz, kungaboqar kulidan foydalandik.

Tajriba qismi. Tadqiqot uchun quruq moddaga (og‘.%) hisoblangan quyidagi tarkibdagi fosfogips (fosfor kislotasi ishlab chiqarish chiqindilari) olindi: CaO – 35,4%; SO_3 – 46,7%; P_2O_5 – 0,64%; Fe_2O_3 – 0,05%; SiO_2 – 2,08%. Mavjud Mavjud iflosliklar e'tiborsiz qoldirildi. Konversiya qilishdan oldin fosfogipsni namligi 17-19% gacha quritilgan va bir xil massaga kelguncha maydalandi. Kungaboqar kul tarkibi: Ca – 19,2%; S – 1,5%; Mg – 6,7%; Fe – 0,6%; Al – 0,9%; Si – 2,4%; K – 13,6%; O – 39,4%; CI – 2,2%; C – 8,9%.

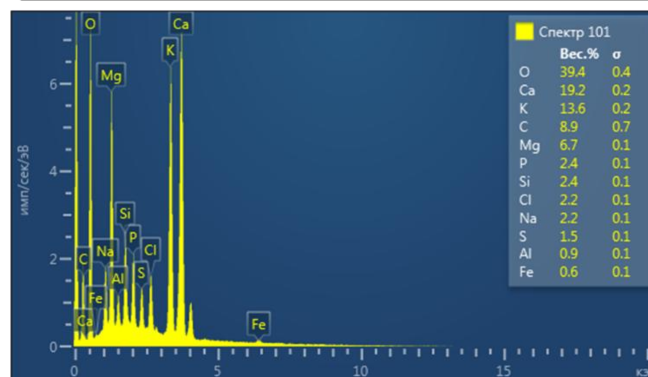
1-jadval

Fosfogipsni asosiy kimyoviy tahlili bo‘yicha ma’lumotlar

Analyzed result(FP method, Scatter)

No.	Component	Result	Unit	Stat. Err.	LLD	LLQ
1	Al2O3	0.569	mass%	0.0146	0.0307	0.0920
2	SiO2	2.08	mass%	0.0135	0.0141	0.0422
3	P2O5	0.638	mass%	0.0075	0.0184	0.0553
4	SO3	46.7	mass%	0.0404	0.0024	0.0071
5	K2O	0.0354	mass%	0.0022	0.0053	0.0160
6	CaO	35.4	mass%	0.0462	0.0020	0.0061
7	TiO2	0.0288	mass%	0.0011	0.0017	0.0052
8	Fe2O3	0.0528	mass%	0.0011	0.0011	0.0034
9	NiO	0.0023	mass%	0.0002	0.0003	0.0010
10	CuO	0.0073	mass%	0.0002	0.0003	0.0008
11	ZnO	0.0035	mass%	0.0001	0.0002	0.0005
12	As2O3	(0.0003)	mass%	<0.0001	0.0002	0.0007
13	SeO2	0.0005	mass%	<0.0001	<0.0001	0.0003
14	SrO	0.0927	mass%	0.0003	0.0003	0.0008
15	Y2O3	0.0088	mass%	<0.0001	<0.0001	0.0003
16	ZrO2	0.189	mass%	0.0018	0.0006	0.0017
17	Ta2O5	0.0025	mass%	0.0003	0.0008	0.0023
18	PbO	0.0036	mass%	0.0001	0.0002	0.0006
19	Tb4O7	(0.0078)	mass%	0.0011	0.0027	0.0081
20	Dy2O3	0.0088	mass%	0.0007	0.0013	0.0038
21	U3O8	0.0013	mass%	<0.0001	0.0002	0.0006

Spectrum



1-rasm. Kungaboqar kulining skanerli elektrom mikroskop tahlili.

Tadqiqot quyidagi tarzda o‘tkazildi. K_2CO_3 fosfogipsga (3) reaksiyaga ko‘ra stoxiometrik nisbatda qo‘shildi va shunday miqdorda distillangan suv qo‘shildi. Konversiya jarayonida eritmadagi K_2SO_4 miqdori to‘yinganlikka erishmadi, lekin taxminan 9% ni tashkil etdi. Mexanik aralashtirgichda intensiv aralashtirilgandan so‘ng suspenziya filtrlanadi, so‘ngra qattiq va suyuq fazalarning tarkibi ma'lum usullar yordamida SO_4^{2-}, CO_3^{2-}, K^+, Ca^{2+} ionlari uchun tekshirildi. SO_4^{2-} ionlari gravimetrik, K^+ – olovli fotometriya, Ca^{2+} – Trilon B bilan kompleksometrik titrlash, CO_3^{2-} – yig‘indisi farqi bilan aniqlandi.

$$E = \frac{\infty(Ca)}{\infty'(Ca)} * 100$$

bu yerda ∞(Ca) - konvertatsiya qilingandan keyin mahsulotdagi Ca^{2+} ionlarining miqdori; ∞'(Ca) – ayirboshlash uchun olingan fosfogipsdagi Ca^{2+} ionlarining tarkibi.

Konversiya jarayoniga bir qator omillar ta’sir

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 2
2025

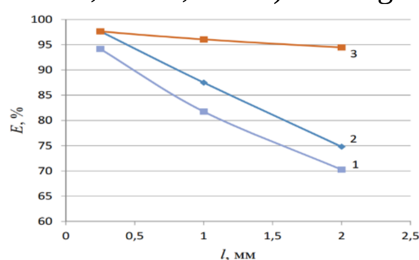
qiladi: aralashtirish vaqti va tezligi, fosfogipsning zarrachalarining hajmi, harorat va K_2CO_3 ning stexiometrik meyori. Ushbu jarayonni o‘tkazish uchun maqbul sharoitlarni tanlash uchun fosfogips va mahalliy chiqindi kungaboqar kulidan foydalangan holda texnologik parametrlarning ta'siri o‘rganildi. Haroratni oshirish va kaliy karbonat stexiometrik me’yorini oshirish Ca^{2+} ionlaridan foydalanish darajasiga sezilarli ta'sir ko‘rsatmadi, shuning uchun keyingi barcha tadqiqotlar 30°C da o‘tkazildi.

Tajribalarning birinchi bosqichida o‘rganilayotgan tuzlarning parchalanishiga aralashtirish vaqtining ta’siri o‘rganildi. Tajribalar 0,25 mm fraktsiyali fosfogips yordamida, aralashtirish rejimi 300 rpm, harorat 30°C yordamida amalga oshirildi. O‘rganilgan bu jarayon yuqori tezlikda sodir bo‘ladi va faqat 5 daqiqa aralashtirilgandan so‘ng Ca^{2+} ionlaridan foydalanish darajasi 88,40% ni tashkil qiladi. 10-15 daqiqa davomida aralashtirganda, reaktsiya tezligi yanada oshadi va 15-25 daqiqada maksimal qiymat 90,11% ga etadi. Aralashtirish vaqtining yanada ortishi bilan reaksiya sekinlashadi va Ca^{2+} ionlaridan foydalanish darajasining ortishi deyarli kuzatilmaydi. Natijalar 1-jadvalda keltirilgan.

Fosfogipsning zarracha kattaligining ta’sirini o‘rganishda shuni hisobga olish kerakki, zarrachalar qanchalik kichik bo‘lsa, reaksiya shunchalik to‘liq va tezroq bo‘ladi. Sanoat sharoitida olingan fosfogipsning zarrachalar hajmi 0,314 mm dan past o‘lchamda maydalashni iloji bo‘lmadi.

Tadqiqotlar uchun quyidagi fraktsyalar ishlatilgan: -0,25 mm, -1,0 mm va -2,0 mm. Ca^{2+} ionlaridan foydalanish darajasining ishlatiladigan fosfogips zarrachalarining o‘lchamiga bog‘liqligi.

Natijalar. 2-rasmda turli xil aralashtirish vaqtlari (15 min, 1 soat, 3 soat) keltirilgan.



2-rasm: Ca^{2+} ionlarini (E) ishlatish darajasining fosfogipsning turli zarracha o‘lchamiga (l) va aralashtirish vaqtiga bog‘liqligi:
1) 25 min; 2) 60 min; 3) 180 min.

2-jadval

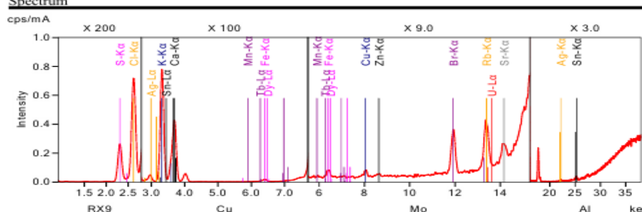
Fosfogips va kaliy karbonat konversiyasining sifat va miqdoriy ko‘rsatkichlari fosfogips aralashtirish rejimi 300 rpm va harorat 30°C

Jarayon davomiyligi,min	Faza	Ion tarkibi, %				Tuz tarkibi, %			
		K^+	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}	$CaSO_4$	K_2SO_4	$CaCO_3$	K_2CO_3
5	filtrat	2,92	0,07	3,31	0,29	0,05	5,78	-	0,39
	qattiq faza	1,97	30,5	10,45	45,32	15,7	-	72,19	4,20
10	filtrat	3,11	0,05	3,87	0,33	0,02	5,82	-	0,47
	qattiq faza	1,63	31,8	6,96	49,55	11,8	-	79,78	3,69
15	filtrat	3,07	0,06	3,76	0,28	0,02	5,78	-	0,30
	qattiq faza	1,37	31,9	6,82	47,71	8,23	-	81,58	2,55
25	filtrat	2,90	0,06	4,04	0,22	0,03	5,98	-	0,35
	qattiq faza	1.26	30,1	4,78	52,13	7,56	-	84,11	2,33

Analyzed result(FP method)

No.	Component	Result	Unit	Stat. Err.	LLD	LLQ
1	Total	885	mg/cm2			
2	S	0.638	mass%	0.0023	0.0007	0.0020
3	Cl	0.773	mass%	0.0017	0.0003	0.0008
4	K	1.92	mass%	0.0077	0.0012	0.0036
5	Ca	0.705	mass%	0.0037	0.0033	0.0099
6	Mn	(0.0007)	mass%	0.0002	0.0005	0.0014
7	Fe	0.0022	mass%	0.0002	0.0003	0.0010
8	Cu	0.0008	mass%	<0.0001	0.0001	0.0003
9	Zn	0.0003	mass%	<0.0001	<0.0001	0.0002
10	Br	0.0012	mass%	<0.0001	<0.0001	<0.0001
11	Rb	0.0010	mass%	<0.0001	<0.0001	0.0001
12	Sr	0.0004	mass%	<0.0001	<0.0001	0.0001
13	Ag	0.0005	mass%	<0.0001	<0.0001	0.0003
14	Sn	0.0014	mass%	0.0001	0.0002	0.0007
15	U	(0.0001)	mass%	<0.0001	<0.0001	0.0003
16	H2O	95.9	mass%			
17	Zr	0.0574	mass%	0.0005	0.0001	0.0003
18	Tb	(0.0010)	mass%	0.0004	0.0010	0.0029
19	Dy	0.0010	mass%	0.0001	0.0003	0.0008

Spectrum



3-rasm. Kaliy sulfat eritmasining elementar tahlil analizi.

Muhokama. Birinchi bosqichdan so‘ng olingan suspenziya filtrlanadi, natijada taxminan 89% $CaCO_3$ va 6,5-7% K_2SO_4 o‘z ichiga olgan filtrat hosil bo‘ladi. Filtrdan K_2SO_4 ni ajratib olish undan suvni bug‘lantirish orqali amalga oshirildi. Aniqlanishicha, dastlabki massadan 18,7% suv bug‘langanda eritma loyqa bo‘lib qoladi, bu esa yomon eriydigan kalsiy tuzlari hosil bo‘lishi bilan bog‘liq bo‘lib, ular issiq filtrlash orqali chiqariladi. Tozalangan eritma suvning 70% gacha qayta-qayta bug‘lanishi va sovutilish jarayonlari olib boriladi, buning natijasida 98,9% K_2SO_4 o‘z ichiga olgan mahsulot kristallanadi.

Suvda yomon eriydigan kalsiy birikmalarini ajratmasdan to‘liq olib tashlagan taqdirda hosil bo‘lgan cho‘kma tarkibida atigi 94,9% K_2SO_4 yoki 50,99% K_2O bo‘lib, u qishloq xo‘jaligi talablarini to‘liq qondiradi.

Xulosa. Fosfogips va kaliy karbonatni suvli muhitda 20°C haroratda, o‘rganilayotgan tuzlarning stexiometrik normasi va 15-30 daqiqa davomida 200 rpm aylanish tezligida aralashtirish orqali kaliy sulfat olish imkoniyati o‘rnatildi. Olingan sus-

penziya filtrlanadi, natijada 90-91% $CaCO_3$ va 8% K_2SO_4 ni o‘z ichiga olgan filtrat hosil bo‘ladi. Olingan eritma bug‘langanda tarkibida 92-95% K_2SO_4 bo‘lgan tuz kristallandi. Bundan tashqari qishloq xo‘jaligi ekinlari uchun xlorsiz kaliyli o‘g‘itlar olish mumkinlgi o‘rganildi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Готто З. А. и др. Получение сульфата калия конверсией фосфогипса карбонатом калия //Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия химических наук. – 2019. – Т. 55. – №. 4. – С. 483-489.
2. Umarova M., Dekhkanov Z., Aripov K. Obtaining potassium sulphate by conversion of potassium chloride and ammonium sulphate //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 460. – С. 09035.
3. Mohamed C., López F. A., López-Delgado A. Environmental impact and management of phosphogypsum. Environ Manag.
4. Goncharik I. I. et al. Production of Potassium Sulphate by Conversion of Phosphogipsum and Potassium Chloride in Ammonia Solution //Russian Journal of Applied Chemistry. – 2020. – Т. 93. – С. 346-351.